

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: 06214128 A

(43) Date of publication of application: 05.08.94

(51) Int. Cl

**G02B 6/12**

(21) Application number: 05006367

(71) Applicant: NIPPON TELEGR &amp; TELEPH CORP &lt;NTT&gt;

(22) Date of filing: 19.01.93

(72) Inventor: INOUE YASUYUKI  
MATSUOKA SHIGETO  
KAWACHI MASAO

## (54) OPTICAL WAVEGUIDE CIRCUIT

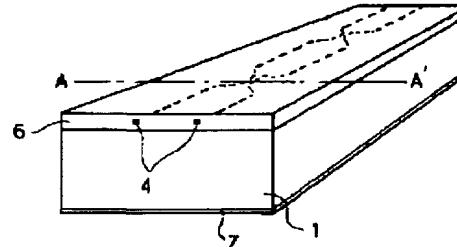
clad glass layer 6 is compensated and the warpage of the silicon substrate 1 is eliminated.

## (57) Abstract:

**PURPOSE:** To prevent the warpage of the optical waveguide circuit board by providing the rear surface of the substrate of the optical waveguide circuit with a stress imparting film having a thermal conductivity.

**CONSTITUTION:** A lower clad glass layer is deposited on a silicon substrate 1 and in succession, an optical waveguide (core glass) layer is deposited thereon. The substrate is then heated at a high temp. to vitrify the optical waveguide (core) glass layer to transparent glass and the unnecessary part of the optical waveguide (core) glass layer is removed to form the optical waveguide (core) 4. An upper clad glass layer is then deposited on the optical waveguide (core) 4 to embed the optical waveguide (core) 4. These layers are thereafter subjected heating and cooling, by which the optical waveguide is produced. The substrate 1 is warped to a projecting shape in this state by the thermal stress of the silicon substrate 1 and the quartz glass of the optical waveguide (core) glass layer. An amorphous silicon film 7 of a suitable film thickness is thereafter deposited over the entire rear surface of the silicon substrate 1, by which the thermal stress of the

COPYRIGHT: (C)1994,JPO&amp;Japio



(51)Int.Cl.\*

G 02 B 6/12

識別記号 庁内整理番号

A 8106-2K

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全7頁)

(21)出願番号 特願平5-6367

(22)出願日 平成5年(1993)1月19日

(71)出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号

(72)発明者 井上 靖之

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 松岡 茂登

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72)発明者 河内 正夫

東京都千代田区内幸町一丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

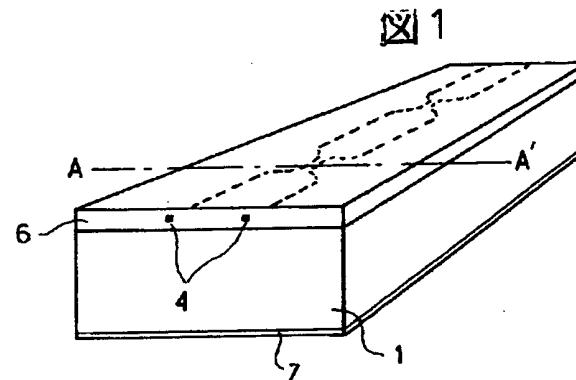
(74)代理人 弁理士 秋田 収喜

(54)【発明の名称】 光導波回路

(57)【要約】

【目的】 光導波回路基板の反りを防止する。

【構成】 本発明の光導波回路は、基板と、その基板表面に形成された光導波路と、その基板の裏面の一部もしくは全面に作製された熱伝導性の応力付与膜とからなる。前記応力付与膜は、アモルファス・シリコン膜(応力付与膜)の表面に水素ガス放出防止用薄膜を設けたものである。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板と、その基板表面に形成された光導波路と、その基板の裏面の一部もしくは全面に作製された熱伝導性の応力付与膜とからなることを特徴とする光導波回路。

【請求項2】 請求項1に記載の光導波回路であって、基板はシリコンであり、前記応力付与膜は、アモルファス・シリコン膜の表面に水素ガス放出防止用薄膜を設けたものであることを特徴とする光導波回路。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、基板上に作製された光導波回路に関するものであり、特に、その基板の反りを裏面に形成した熱伝導性の応力付与膜によって解消したことを特徴とする光導波回路に関するものである。

【0002】 本発明の光導波回路は、光通信や光情報処理の分野における光部品として用いられる。

## 【0003】

【従来の技術】 平面基板上に作製される单一モード光導波路、特に、シリコン基板上に作製可能な石英系ガラス光導波路は、その光導波路（コア）部分の断面寸法を单一モード光ファイバに合わせて  $5 \sim 10 \mu\text{m}$  程度に設定することができるため、光ファイバとの整合性に優れた実用的な光導波路として期待されている（例えば、N. Takato et al. "Silica-Based Single-Mode Waveguides on Silicon and Their Application to Guided-Wave Optical Interferometers", J. Lightwave Tech., vol. 6, pp. 1003-1010, 1988. あるいは、河内正夫：「石英系光導波路と集積光部品への応用」光学、18（1989）681-686. 参照）。

【0004】 ここで、石英系ガラス光導波回路の作製方法を簡単に説明する。

【0005】 まず、図3に示すように、前述した従来技術により、シリコン基板1上に石英系ガラスからなる下部クラッドガラス層2を形成し、その上に石英ガラス微粒子層からなる光導波路（コア）ガラス層3を形成し、図4に示すように、この光導波路（コア）ガラス層3から光導波路（コア）4を形成する。次に、図5に示すように、その光導波路（コア）4の上に石英系ガラス微粒子層からなる上部クラッドガラス層5を形成する。光導波回路は、この光導波路を平面基板上に任意の形状に配設することによって実現される。

## 【0006】

【発明が解決しようとする課題】 上述の石英系光導波回路では、光導波路（コア）4および上部クラッドガラス層5の材料である石英系ガラスとシリコン基板1との間に大きな熱膨張係数の差がある。例えば、シリコンの熱膨張係数は、 $2.5 \times 1/10^6 (1/\text{°C})$  であるのに対して、石英系ガラスの熱膨張係数は $1 \times 1/10^6 (1/\text{°C})$  である。このため作製工程におけるガラス微粒子層

からなる光導波路（コア）ガラス層3の透明化熱処理工程の冷却過程において、シリコン基板1と石英ガラス層の間に熱応力が生じる。つまり  $1300\text{°C}$  付近の石英系ガラスが柔らかくなっている温度ではガラスとシリコン基板1の間に応力は入っていない。しかし、その温度から冷却する過程においてガラスが硬化すると、両者の熱膨張係数の差による熱応力が生じはじめる。つまり熱処理後の冷却過程においてシリコン基板1は石英系ガラスに比較してより多く縮む。この結果として上側の表面に

10 石英系ガラスを堆積したシリコン基板1は、図6に示すように凸の形状に反ってしまう。

【0007】 このシリコン基板1の反りは、上記光導波回路の実装上いくつかの問題点を生じさせている。まず、その一つとして、光導波回路とファイバアレイとの接続が挙げられる。多数の入出力が必要となる光導波回路、たとえば、 $N \times N$  のスターカプラを示す図11では、その入出力に光ファイバアレイ9を使用している。この光ファイバ10を  $250 \mu\text{m}$  間隔で一列に並べた構造になっている（図13）。このため光ファイバアレイ9の光ファイバ10はそれぞれ横方向に直線的に並んでいる。これに対して光導波回路のシリコン基板1が前記の理由により反っていると、その上に配設された導波路アレイが横に直線に並ばなくなる（図12）。このため多芯の光ファイバアレイ9を用いて一括接続を行うと、光ファイバアレイ9の中心と端とで同時に導波路アレイとの光軸を合わせることができなくなり、光の接続損失が大きくなる。なお、前記図11において、11はスラブ光導部であり、図12は図11のA-A'線で示す端面の拡大図である。

20 20 【0008】 また、光導波回路基板の反りはサンプルの実装上でも問題を生じる。石英系光導波回路の重要な応用回路として熱光学効果を利用して熱光学スイッチがある。これは、石英系光導波路を用いて構成されたマッハウェンダ干渉計の一方のアーム導波路表面に設けた薄膜ヒータによって導波路の温度を制御しその屈折率を変えることによってスイッチを行うものであるが、近年その集積化が進み現在64個の熱光学スイッチを集積した  $8 \times 8$  マトリクススイッチが実現されている。

30 30 【0009】 このような集積化されたスイッチでは、スイッチングに使用される熱の放熱が重要である。しかし、光導波回路基板が、図12に示すように、凸に反っていると、基板裏面を放熱用フィンなどに接着させる場合、基板裏面の中心と放熱フィンの間に隙間が空いてしまう。この隙間を熱伝導ペーストで埋めるという方法もあるが、熱伝導ペーストは長期的な信頼性がなく、且つ熱伝導性に関しても金属などに比べると劣るため不適である。

40 40 【0010】 以上、述べたように光導波回路基板の反りは、入出力用ファイバアレイの接続上および基板の放熱フィンへの実装上問題となっている。

【0011】本発明は、前記問題点を解決するためになされたものであり、本発明の目的は、光導波回路基板の反りを防止することが可能な技術を提供することにある。

【0012】本発明の前記ならびにその他の目的および新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面によって明らかにする。

### 【0013】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するために、本発明の光導波回路は、基板と、その基板表面に形成された光導波路と、その基板の裏面の一部もしくは全面に作製された熱伝導性の応力付与膜とからなることを最も主要な特徴とする。

【0014】前記基板はシリコンであり、前記応力付与膜は、アモルファス・シリコン膜の表面に水素ガス放出防止用薄膜を設けたものである。

### 【0015】

【作用】前述の手段によれば、石英系光導波回路基板の反りは、石英ガラス微粒子の透明ガラス化熱処理工程において発生する熱応力がその原因であるが、光導波回路の基板裏面に熱伝導性の応力付与膜を設けることにより、クラッドガラス層の熱応力を補償し、前記熱伝導性の応力付与膜が基板から受ける圧縮応力で石英ガラス微粒子の透明ガラス化熱処理工程において発生する熱による基板の反りを解消される。

【0016】また、石英ガラス微粒子の透明ガラス化熱処理工程において発生する熱を前記熱伝導性の応力付与膜から放熱して、基板に加わる熱応力を低減することができる、基板の反りを低減することができる。

【0017】これにより、本発明の光導波回路は、基板の反りがないため入出力ファイバレイとの低損失な接続が可能となり、かつ、その光導波回路基板を放熱フィンなどに容易に全面接着できる。この結果として放熱性に優れた光導波回路が実現可能となる。

### 【0018】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面を用いて詳細に説明する。なお、全図において、同一機能を有するものは同一符号を付け、その繰り返しの説明は省略する。

【0019】(実施例1) 図1は、本発明の実施例1の石英系光導波回路の構成を示す斜視図、図2は、図1に示すA-A'線で切った断面図、図3乃至図5は、本実施例の石英系光導波回路の作製方法を説明するための断面図、図6は、アモルファス・シリコン膜(応力付与膜)がシリコン基板から受ける圧縮応力とそのアモルファス膜厚との関係を示す図、図7は、石英系光導波回路を構成するガラス層とシリコン基板との間に発生した熱応力により反りが生じた光導波回路の断面図、図8は、図7に示す光導波回路の裏面にアモルファス・シリコン膜(応力付与膜)を堆積することにより反りを解消した光導波回路の断面図である。

【0020】図1乃至図8において、1はシリコン基板、2は下部クラッドガラス層、3は石英系ガラスからなる光導波路(コア)ガラス層、4は石英系ガラスからなる光導波路(コア)、5は上部クラッドガラス層、6はクラッドガラス層、7はアモルファス・シリコン膜(応力付与膜)、8は水素ガス離脱防止層、9は光ファイバレイ、10は光ファイバである。

【0021】本実施例の石英系光導波回路は、図1及び2に示すように、シリコン基板1の表面にクラッドガラス層6を介在させて光導波路4が設けられ、その上にクラッドガラス層6が設けられている。そして、前記シリコン基板1の裏面の一部もしくは全面に作製された熱伝導性の応力付与膜7が設けられている。

【0022】次に、本実施例の石英系光導波回路の製作方法について図3乃至図10を用いて説明する。

【0023】まず、図3に示すように、シリコン基板1上にSiC14ガスを原料とする加水分解反応でSiO<sub>2</sub>を主成分とするガラス微粒子層からなる下部クラッドガラス層2を堆積し、続いてガスを切り替えて適量のTiC14またはGeC14を追加したSiC14混合ガスを原料とする加水分解反応で、SiO<sub>2</sub>-TiO<sub>2</sub>またはSiO<sub>2</sub>-GeO<sub>2</sub>を主成分とするガラス微粒子層からなる光導波路(コア)ガラス層3を堆積する。

【0024】続いて電気炉中で1350℃程度の高温に加熱してガラス微粒子層からなる光導波路(コア)ガラス層3を透明ガラス化する。

【0025】次に、図4に示すように、引き継ぎフォトリソグラフィ技術と反応性エッチング(RIE)により、光導波路(コア)ガラス層3のうち不要な部分を除去して光導波路(コア)4を形成する。

【0026】次に、図5に示すように、光導波路(コア)4の上にSiC14-BC13-PC13混合ガスを原料とする加水分解反応でガラス微粒子層からなる上部クラッドガラス層5を堆積して光導波路(コア)4を埋め込む。

【0027】その後、再度基板を電気炉中で1250℃前後に加熱してガラス微粒子層からなる上部クラッドガラス層5を透明ガラス化する。そして、室温まで冷却することによって光導波路が製作される。

【0028】すなわち、図1及び図2に示すように、クラッドガラス層6の中に光導波路(コア)4が埋め込まれた状態となる。

【0029】この状態では、シリコン基板1と光導波路(コア)ガラス層3の石英系ガラスとの熱応力により基板1は凸状に反っている。例えば、光導波回路を構成するクラッドガラス層6の厚みを60μm、シリコン基板1の厚みを1mmとしたときシリコン基板1の反り半径は約3mであった。また、図6に示すように、石英系光導波回路作製直後の状態で50mmのサンプル長に対して約

50 100μmの反りがあった。

【0030】次に、この反りを解消するために、図7に示すように、光導波回路のシリコン基板1の裏面に応力付与用のアモルファス・シリコン膜7をシリコン基板1から圧縮応力を受けるような条件で堆積する。このアモルファス・シリコン膜7の作製条件は、水素5%を含むアルゴンガス中におけるRF(Radio Frequency)マグネットロン・スパッタ法を用いる。スパッタガス厚は1Pa、スパッタ時の入力電力は1kWである。

【0031】このように、シリコン基板1の裏面にアモルファス・シリコン膜7を前記の条件で9μm堆積したところ、基板1の反りはほとんど無くなり、50mmのサンプル長に対してその反りは測定精度の1μm以下であった。

【0032】前記圧縮応力とアモルファス(非晶質)・シリコン膜(a-Si膜)7の膜厚とはきれいな比例関係にあることが図8(a-Si膜がSi基板から受ける圧縮応力を示す図)に示す実験結果から分かる。

【0033】よって、適当な膜厚のアモルファス・シリコン膜7をシリコン基板(石英系光導波回路基板)1の裏面全面に堆積することによって、クラッドガラス層6の熱応力を補償し、シリコン基板1の反りを解消することができる。

【0034】ここで、強調しておきたいことは、本実施例で用いたアモルファス・シリコン膜7の熱伝導率は、シリコン基板1と同程度で有るため膜が放熱の妨げになるようなことはなく、かつ、その熱膨張係数もシリコン基板1と同じであるため、シリコン基板1に与える応力は、基板温度が変動しても変わらない。

【0035】(実施例2)図9は、本発明の実施例2の光導波回路の構成を示す断面図であり、図10は、横軸に示すそれぞれの温度で1時間ずつ熱処理をしたときのアモルファス・シリコン応力付与膜の内部応力を示す図である。

【0036】本実施例2の光導波回路は、図9に示すように、前記実施例1のアモルファス・シリコン膜7の表面に水素ガス離脱防止層8を設けた光導波回路である。

【0037】前記実施例1に示したアモルファス・シリコン膜7の応力は、膜中に取り込まれている水素濃度と強い相関がある。このためアモルファス・シリコン膜中の水素が環境温度の上昇と共に抜けてしまうと、膜応力も同時に抜けてしまう。そこで、アモルファス・シリコン膜7の表面にマグネットロン・スパッタ法により薄いガラス層からなる水素ガス離脱防止層8を堆積した。これにより、前述の水素の離脱を防止することができた。ここで水素ガス離脱防止層8のガラス層は熱伝導率が良くないため極力薄く堆積し、5000Åとした。

【0038】水素ガス離脱防止層8としてのガラス層を設けていないときのアモルファス・シリコン膜7の応力と環境温度の関係と、水素ガス離脱防止層8を設けたときの関係を図10に示す。図10は水素ガス離脱防止層

8のあるサンプルと無いサンプルの2つを、それぞれ横軸に示す温度で1時間ずつ熱処理を行い、その都度室温に戻して膜応力の変化を測定したものである。熱処理は100°C~700°Cの範囲で行った。この結果より水素ガス離脱防止層8を設けていないと400°C程度からアモルファス・シリコンの応力が抜け始めているのに対して、水素ガス離脱防止層8を設けた場合は、500°C程度から応力が抜け始めていることが分かる。

【0039】つまり、水素ガス離脱防止層8としてのガラス層をアモルファス・シリコン膜7の表面に堆積することによって応力付与膜としてのアモルファス・シリコン膜7の熱的安定性が向上した。

【0040】また、前記水素ガス離脱防止層8のガラス層の代わりに窒化シリコン、非晶質カーボン、ダイヤモンドライカーボンを水素ガス離脱防止層として堆積しても同様にアモルファス・シリコン層の応力付与膜の熱的安定性が向上した。

【0041】以上、本発明を実施例に基づき具体的に説明したが、本発明は、前記実施例に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において種々変更し得ることはいうまでもない。

#### 【0042】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明によれば、光導波回路の基板の裏面に熱伝導性の応力付与膜を設けることにより、光導波回路の基板反りを解消することができる。これにより、熱光学スイッチを集積した光回路などの基板反り解消法として非常に有効な手法である。

【0043】また、基板反りを解消することによって、光導波回路の熱的制御がしやすくなるので、ファイバレイと導波路アレイとの一括接続が可能になる。また、基板反りを解消することにより、光導波回路上に受光素子などを装着し、ハイブリッド光集積回路や光プリント板を実現する上でも、効率的な表面光実装を遂行できるので、極めて有効である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の実施例1の石英系光導波回路の構成を示す斜視図、

【図2】 図1に示すA-A'線で切った断面図、

【図3】 本実施例の石英系光導波回路の作製方法を説明するための断面図、

【図4】 本実施例の石英系光導波回路の作製方法を説明するための断面図、

【図5】 本実施例の石英系光導波回路の作製方法を説明するための断面図、

【図6】 アモルファス・シリコン応力付与膜がシリコン基板から受ける圧縮応力とそのアモルファス膜厚との関係を示す図、

【図7】 石英系光導波回路を構成するガラス層とシリコン基板との間に発生した熱応力により反りが生じた光

導波回路の断面図、

【図8】 図7に示す光導波回路の裏面にアモルファス・シリコン応力付与膜を堆積することにより反りを解消した光導波回路の断面図、

【図9】 本発明の実施例2の光導波回路の構成を示す断面図、

【図10】 横軸に示すそれぞれの温度で1時間ずつ熱処理をしたときのアモルファス・シリコン膜の内部応力を示す図、

【図11】 光導波回路の一例としてのN×Nスタークラスターの平面図、

【図12】 図11のA-A'線における端面の拡大

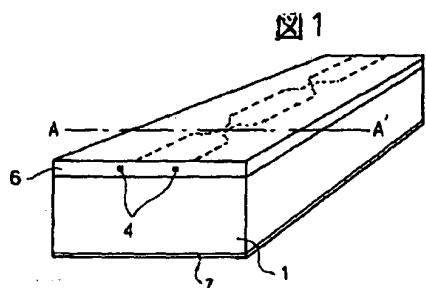
図、

【図13】 光導波回路の複数の光導波路と複数のファイバとを一括接続するための光ファイバアレイを示す図。

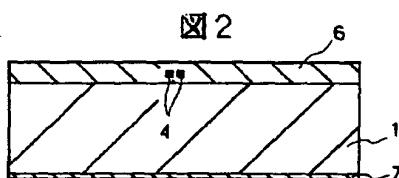
【符号の説明】

1…シリコン基板、2…下部クラッドガラス層、3…石英系ガラスからなる光導波路（コア）ガラス層、4…石英系ガラスからなる光導波路（コア）、5…上部クラッドガラス層、6…クラッドガラス層、7…アモルファス・シリコン膜（応力付与膜）、8…水素ガス離脱防止層、9…光ファイバアレイ、10…光ファイバ。

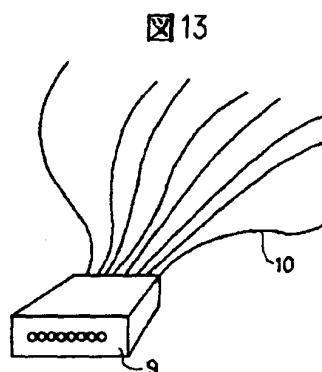
【図1】



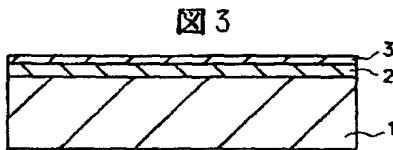
【図2】



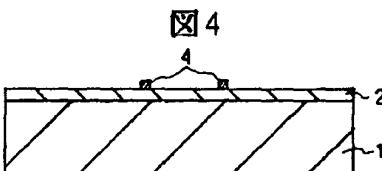
【図13】



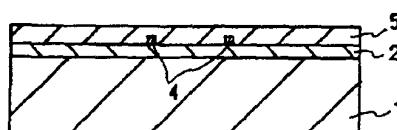
【図3】



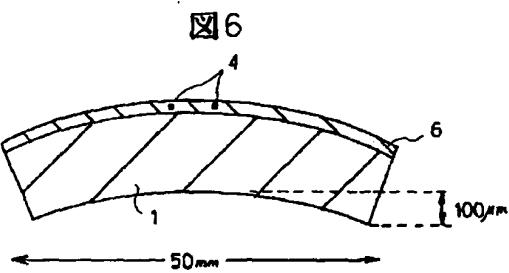
【図4】



【図5】

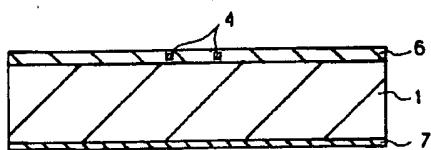


【図6】



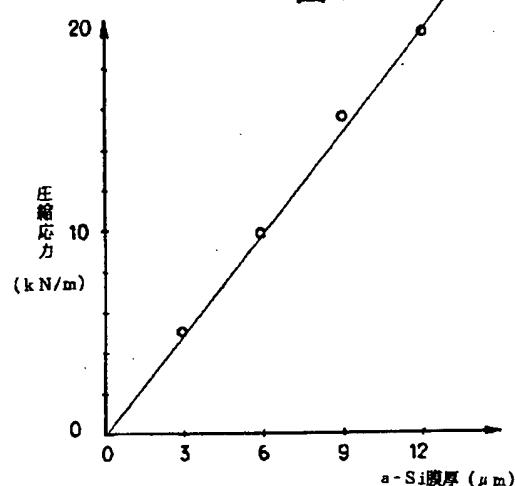
【図7】

図7



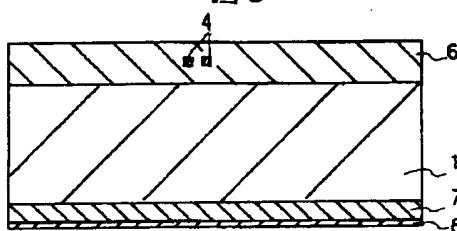
【図8】

図8



【図9】

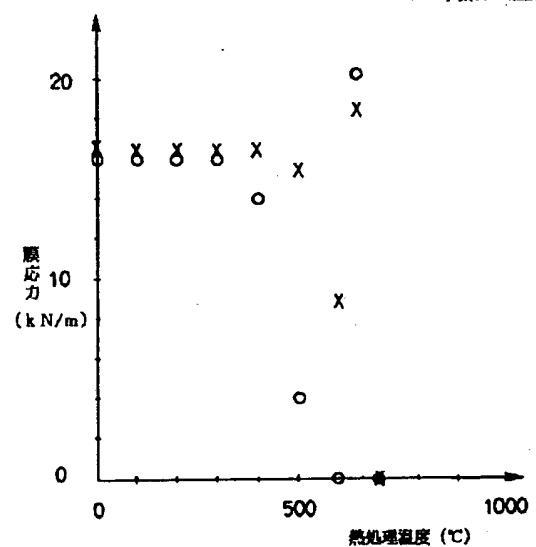
図9



【図10】

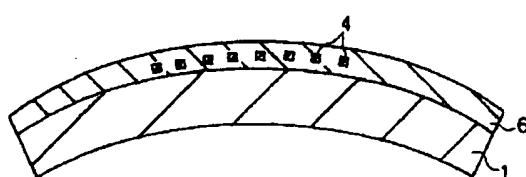
図10

○ 水素ガス離脱防止層なし  
× 水素ガス離脱防止層有り



【図12】

図12



【図11】

図11

